



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

# **Jatkuvavalukoneiden automaatioaste ja sen mahdollinen nostaminen**

Manuel Mehtälä

2513304

Prosessitekniikka

Kandidaatintyö

Joulukuu 2019

# TIIVISTELMÄ

Jatkuvavalukoneiden automaatioaste ja sen mahdollinen nostaminen

Manuel Toivo Johannes Mehtälä

Oulun Yliopisto, Prosessitekniikan tutkinto-ohjelma

Kandidaatintyö 2019

Työn ohjaaja: Jukka Hiltunen

Työn tavoitteena on määritellä jatkuvavalukoneiden automaatioaste ja pohtia sen kehittämisen mahdollisuuksia. Työ suoritetaan kirjallisuuskatsauksena ja siihen liitetään Ssab Europe Oy:n työntekijän haastattelu. Taustatietona työssä selvitetään automaatioasteen määrittelymenetelmät sekä jatkuvavalukoneiden toiminta.

Jatkuvavalukoneista selvitetään sen osat sekä osien tehtävät. Tämän jälkeen käydään läpi mistä automaatoratkaisuista kone koostuu sekä selvitetään niiden toteuttamiseen käytössä olevia malleja. Lopuksi haastattelun ja muun selvityksen pohjalta pohditaan automaatiotason mahdollista nostamista jatkuvavalukoneissa.

# **ABSTRACT**

Degree of automation of continuous casters and opportunities to raise it

Manuel Toivo Johannes Mehtälä

University of Oulu, Process engineering

Bachelor's thesis 2019

Supervisor at university: Jukka Hiltunen

The main aim of this job is to clear up degree of automation of continuous casters and reflect opportunities to raise it. This job will be executed as a literature research and it include workers interview who work in Ssab Europe Oy. As Background information will find out definition of degree of automation and clear up how to continuous caster work and what parts it includes.

This job will clear up parts of continuous caster and what are their tasks. After that is researched solutions of automation in continuous casters and clear up how they are maded. Lastly is discussed, can degree of automation be increase in continuous casters.

# SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO .....	5
2 TAUSTAA .....	5
2.1 Automaatioaste.....	6
2.2 Jatkuvalu.....	8
2.2.1 Jatkuvalu prosessi.....	8
2.2.2 Erilaisia jatkuvalu koneita .....	8
2.2.3 Kaarevan jatkuvalu koneen osat.....	10
3 AUTOMAATIO JATKUVAVALUSSA.....	11
3.1 Automaatioratkaisuja .....	11
3.2 Haastattelu.....	14
4 YHTEENVETO JA POHDINTA .....	16
4.1 Yhteenveto .....	16
4.2 Pohdintaa.....	16
5 LÄHTEET	
6 LIITTEET	

## **1 JOHDANTO**

Tämä kandintyö käsittelee teräksen valamisessa käytettyjä jatkuvavalukoneita ja niiden automaattioratkaisuja sekä automaatiotasoa. Lisäksi pohditaan mahdollisia automaation nostamisen mahdollisuuksia jatkuvavalukoneissa. Työni käsittelee kaarevia- ja pystytaivutusmallisia jatkuvavalukoneita, joita on käytössä esimerkiksi Suomessa Outokummun tehtaalla Torniossa sekä Ssab Europe Oy:n Raahen tehtaalla.

Idea tähän työhön syntyi siitä, että olen ajatellut erikoistua automaatiotekniikkaan. Lisäksi ohjaavan lehtorin avulla sekä kesätöiden pohjalta keksittiin yhdessä idea käsitellä kyseistä aihetta. Työn tiedot perustuvat alan kirjallisuuteen sekä koneita käsitteleviin artikkeleihin ja verkkodokumentteihin. Työhön liittyen haastatellaan myös Ssab:n jatkuvavalukoneen 6 valajaa, joka kertoo, mitä automaattioratkaisuja Raahen tehtaalta löytyy, kuinka ne ovat toteutettu ja kuinka ne toimivat käytännössä.

Työn tavoitteena on selvittää jatkuvavalukoneiden automaatioaste yleisesti sekä tutustua tapoihin, joilla automaattioratkaisut ovat toteutettu. Tämä työ ei kuitenkaan käsittele kovin tarkasti mitään yksittäistä ratkaisua, vaan tarkoituksena on antaa kokonaiskuva jatkuvavalukoneiden automaatiosta eli mitkä toiminnot toimivat koneen ohjauksen alaisena ja mitä toimintoja tehdään edelleen käsiajolla.

## **2 TAUSTAA**

Automaatioasteen selvittämistä varten on ensiksi selvítettävä, mitä se itsessään tarkoittaa ja miten se määritellään. Lisäksi tutkitaan jatkuvavalukoneen toimintaa sekä selitetään termejä ja käsitteitä, jotka liittyvät työn aiheeseen.

## 2.1 Automaatioaste

Sana *automaatio* viittaa ihmisten suorittamiin toimintojen korvaamista jollain teknisellä laitteella, joka toimii itsenäisesti. *Automaatioaste* määritellään kirjassa Valvomo, Suunnittelun periaatteet ja käytännöt näin: ”Ihmisen ja automaation työnjaon ja yhteistyön määrittely prosessin eri kohdissa”. Jatkuvavalukoneiden kohdalla tutkitaan koko koneen automaatioastetta. (Heimbürger)

Automaatioasteen määrittely tapahtuu vertailemalla ihmisen tekemän työn määrän ja automaation tekemän työn määrän suhdetta. Niiden perusteella voidaan jakaa automaatioaste neljään eri tasoon. Ensimmäinen taso tarkoittaa, että kyseinen työ tehdään täysin ilman konevoimaa. Toinen taso tarkoittaa sitä, että mekaaninen kone tekee työn, mutta ihminen ohjaa sitä. Kolmannella tasolla kone tekee useita toimintoja peräkkäin itsenäisesti, mutta ihminen valvoo niitä jatkuvasti. Neljäs taso tarkoittaa täysautomaatiota, eli ihminen suorittaa vain prosessin käynnistymisen ja kone hoitaa prosessin suorittamisen ja sen tarkkailun. (Kuusisto)

Toisen lähteen mukaan automaatioaste on jaettu seitsemään tasoon. Siinä on otettu huomioon myös mekaanisten työkalujen vaikutus automaatioasteeseen. Alla on taulukoituna kyseiset automaatioasteen tasot ja niiden selitykset

Mekaniikka ja laitteet	Tieto ja säätö	Automaatioaste
<b>Täysin manuaalinen</b> – Täysin käsin tehty työ ilman työkaluja ja ainoastaan lihasvoimaa käyttäen	<b>Täysin manuaalinen</b> – Käyttäjä luo hänen oman ymmärryksensä tilanteesta ja säätää oman toimintansa aikaisemman kokemuksen ja tietämyksen perusteella	1
<b>Staattinen käsityökalu</b> – Manuaalinen työ, jossa on jokin staattinen työkalu apuna. Esim. Ruuvimeisseli	<b>Ratkaisun antaminen</b> – Käyttäjä saa tiedon mitä tehdä tai ehdotuksen miten tavoite voidaan saavuttaa. Esim. Työtilaus	2

<b>Joustava käsityökalu</b> – Manuaalinen työ, jossa on jokin joustava/säädettävä työkalu apuna. Esim. Jakoavain	<b>Opettavainen</b> – Käyttäjä saa ohjeet, miten tavoite voidaan saavuttaa. Esim. Käyttöohjeet	3
<b>Automaattinen käsityökalu</b> – Manuaalinen työ, jossa on apuna jokin automatisoitu työkalu. Esim. Hydraulinen pulttikuljetin	<b>Kysyvä</b> – Teknologia kyseenalaistaa toteutuksen, jos suoritus poikkeaa siitä, mitä tekniikka pitää sopivana. Esim. Vahvistus ennen toimintoa	4
<b>Staatinen kone/työasema</b> – Koneen tekemä automaattinen työ, joka suunnitellaan tiettyyn tehtävään. Esim. Sorvi	<b>Valvonta</b> – Teknologia vaatii käyttäjän huomion ja ohjaa suorittamaan nykyistä tehtävää. Esim. Hälytykset	5
<b>Joustava kone/Työasema</b> – Koneen tekemä automaattinen työ, joka voidaan määrittää uudelleen eri tehtäviä varten. Esim. CNC-kone.	<b>Puutuva</b> – Teknologia ottaa haltuun ja korjaa toiminnan, jos se poikkeaa siitä, mitä tekniikka pitää sopivana. Esim. Termostaatti	6
<b>Täysi automaatio</b> – Täysin automaattinen työ. Kone ratkaisee kaikki ongelmat ja poikkeamat, jotka tapahtuvat itsestään. Esim. Automatisoidut systeemit	<b>Täysi automaatio</b> – Teknologia käsittelee kaiken tiedon ja säädön. Käyttäjä ei ole koskaan mukana. Esim. Automatisoidut systeemit	7

Taulukko 1. Automaatioasteen tasot Frohmin määritelmän mukaan (Frohm, mukailee Taulukkoa 5-1)

Kuusiston automaatioasteen taso yksi on Frohmin määrittelyssä pilkottu kolmeen osaan, jossa erilaiset mekaaniset työkalut otetaan huomioon. Lisäksi Kuusiston taso kolme on jaettu kahteen osaan, staattiseen ja joustavaan. Heidän määrittelynsä automaatioasteen tasoista sisältävät hyvin paljon samoja piirteitä ja ne ovat hyvin rinnastettavissa, mutta Frohmin malli on näistä malleista tarkempi.

## **2.2 Jatkuvavalu**

### **2.2.1 Jatkuvavaluprosessi**

Jatkuvavalussa sula teräs valetaan eri kokoisiksi suorakaiteen muotoisiksi aihioiksi. Sula lasketaan ensin terässenkasta välisenkkaan ja edelleen välisenkan läpi kokilliin. Valunauhan jäähdyttäminen alkaa kokillissa, jossa sen pinta jähmettyy. Lopullinen jähmettyminen tapahtuu toisiojäähdytysvyöhykkeellä, joka näkyy kuvassa 1. Tukirullasto ja jähmettynyt kuori estävät aihion pullistumisen toisiojäähdytyksen aikana. Ennen valun aloittamista kokillin pohjalle on asennettu niin sanottu kylmäaihio, jonka avulla jäähdytetty ja jähmettynyt aihio vedetään ulos valukoneesta. Lopuksi jähmettynyt valunauha leikataan halutun pituisiksi aihioiksi jatkokäsittelyä varten. (Teräskirja s. 48)

### **2.2.2 Erilaisia jatkuvavalukoneita**

Jatkuvavalukoneen on nimensä mukaisesti valukone, jossa sula teräs valetaan aihioiksi. Etuliite jatkuva- tarkoittaa sitä, että prosessi on jatkuva sen aikaa, kun terästä riittää eli se on jatkuvaa valamista. (Virsiheimo. s. 13)

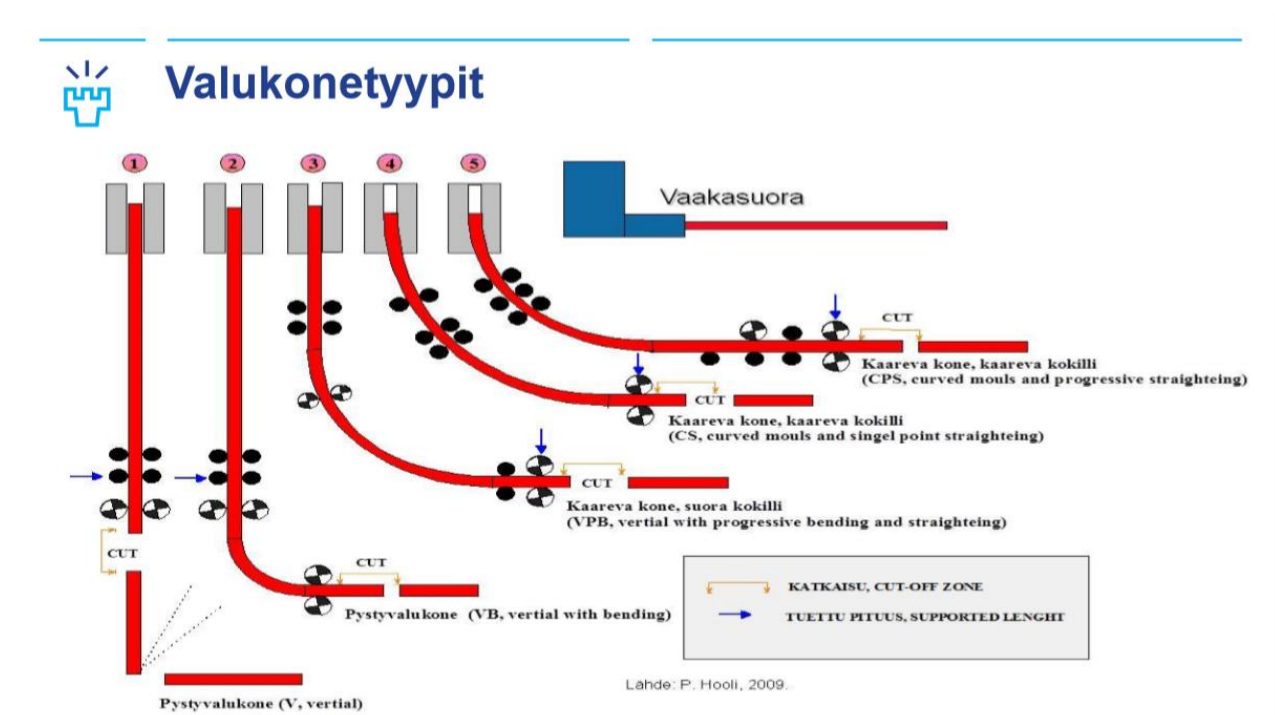
Jatkuvavalukoneita on erilaisia, mutta työni käsittelee kaarevia- ja pystytaivutusmallisia valukoneita. Näiden lisäksi on myös olemassa suoria pystyvalukoneita, mutta niiden ongelmana on suuri rakennuskorkeus ja huono tehokkuus, sillä pystykoneilla ei voinut valaa kuin yhden terässenkan kerralla. Tämän vuoksi kehitys johti nykyaikaisiin kaareviin valukoneisiin. Nykyaikaisilla koneilla voidaan valaa neljästä jopa kymmeneen terässenkaan peräkkäin. (Teräskirja s.48) Nykyään on käytössä myöskin vaakasuoria valukoneita. Niiden etuja ovat pieni valukorkeus, se soveltuu hyvin korkealaatuisille teräksille ja niillä voidaan valaa pieniä valukappaleita 70 millimetristä jopa muutamaan millimetriin. Vaakasuoria valukoneita ei ole vielä jalostettu isompiin tuotantolaitoksiin, vaan niiden käyttö rajoittuu pienille ja keskisuurille terästehtaille. (Hani)

Kaarevia jatkuvavalukoneita on kahta erilaista mallia. Ensiksi on suorakokillinen malli, jossa aihion taivutus ja oikaisu tapahtuu kokillin jälkeen. Toinen malli on kaarevalla kokillilla varustettu malli, jossa etuna on se, että aihio jähmettyy kaarevaksi jo kokillissa, jolloin aihio tarvitsee vain oikaista. Tämä pienentää jännityksiä ja venymiä, joita aihion taivutuksesta ja oikaisusta syntyy. (Louhenkilpi



s. 23-24) Näistä yleisempi on kaarevalla kokillilla varustettu valukone, sillä se vaatii vähemmän tilaa ja aihiot ovat parempilaatuisia. (Louhenkilpi s. 26-27)

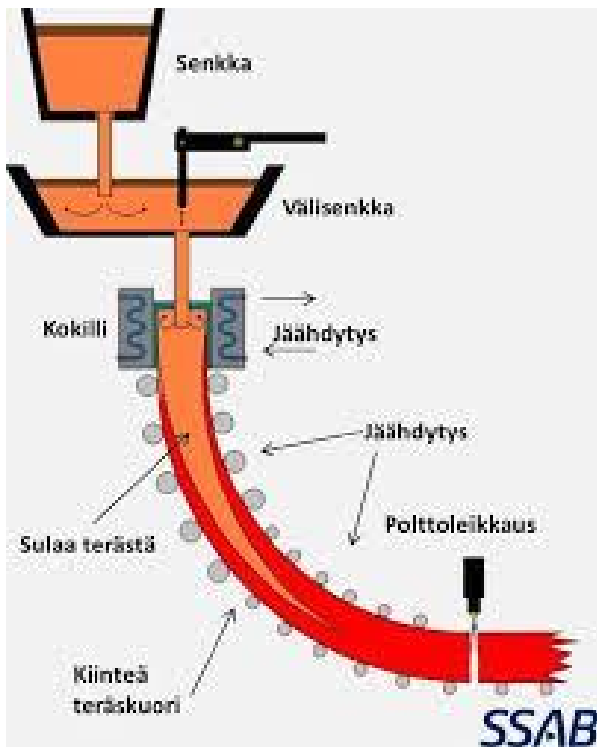
Alla olevassa kuvassa on esitetty myös taivuttava pystyvalukone sekä kaarevalla kokillilla varustettujen valukoneiden kaksi erilaista mallia. Kuten kuvasta näkyy, taivuttava pystyvalukone ja kaareva suorakokillinen valukone eroavat toisistaan taivutuspaikan perusteella.



Kuva 1. Erimallisia kokilleja valukoneissa (Pyrometallurgiset valuprosessit)

Jatkuvavalukoneita luokitellaan myös aihoiden muodon perusteella. Ensimmäisenä on billet, joka viittaa neliön muotoisiin aihioihin. Toisena bloom, jonka aihoiden sivu on suurempi kuin 150mm ja sivujen suhde on alle 1/1.3 (kapea sivu/leveä sivu). Slabvalukoneeksi luokitellaan kaikki suurempia suorakaiteen muotoisia aihioita tuottavat jatkuvavalukoneet. Slabvalukone on yleisin Suomessa. (Louhenkilpi s. 24-25)

### 2.2.3 Kaarevan jatkuvavalukoneen osat



Kuva 2. Jatkuvavalukoneen kaaviokuva (Helaakoski s.17)

#### Terässenkka (Louhenkilpi s. 28)

Tässä vuoratussa astiassa sula teräs tuodaan valukoneelle. Tästä teräs lasketaan välialtaaseen eli välisenkkaan suihkunsuojaputken lävitse, joka asennetaan ennen valun aloitusta.

#### Välisenkka

Välisenkan tarkoituksena on toimia väliastiana teräkselle terässenkan vaihdon yhteydessä, jotta sulan syöttö valukoneeseen ei loppuisi. Sen toinen tehtävä on kontrolloida valunopeutta.

(Louhenkilpi s. 31) Lisäksi välisenkka tasaa lämpötilaa ja koostumusta sulassa ja erottelee sulkeumia. (Pyrometallurgiset valuprosessit s.6)

#### Kokilli (Louhenkilpi s. 36-37)

Kokilli on vesijäähdytteinen ja kuparipinnoitteinen valukoneen ”sydän”, jossa aihion pinnan jähmettyminen tapahtuu ja aihio saa muotonsa. Kokilli oskilloi valun aikana, jolloin kitka pienenee kokillin ja aihion välillä ja kiinnitarttumista ei synny.

Tuenta, oikaisu ja taivutus eli tukirullat ja muu sekundäärijäähdytys (Louhenkilpi s. 55-58)

Tukirullien tarkoituksena on estää aihion pullistumat ja puhkeamiset. Lisäksi niiden avulla kaarevissa koneissa aihio taivutetaan ja oikaistaan. Tukirullien tarkka sijoittaminen on tärkeää valuvirheiden ehkäisemisen vuoksi. Niiden tarkkuusvaatimukset ovat alle millimetrin luokkaa. Toisiojäähdytys eli sekundäärijäähdytys tapahtuu myös tukirullien kautta, sillä tukirullia jäähdytetään sisäisellä vesikierrolla jatkuvasti. Tämä ei kuitenkaan ole välttämätöntä, mutta tällöin edellytetään riittävää ulkoista jäähdytystä. Kun aihio kuljetetaan tukirullia pitkin kohti kaasuleikkausta, toisiojäähdytystä suoritetaan myös erillisillä vesisuihkuilla, jolloin aihio jähmettyy lopullisesti. Nämä jäähdyttävät samalla myös tukirullia ulkoisesti. Suuttimet, joiden avulla vesi suihkutetaan aihion pinnalle, on asetettava siten, että aihio jäähtyy mahdollisimman tasaisesti.

Aihion katkaisu (Haapakoski)

Aihion katkaiseminen hoidetaan omalla laitteella, joka katkaisee valetun jähmettyneen aihion sopivan mittaiseksi polttamalla aihion poikki kaasun avulla. Aihion katkaisua kutsutaankin usein kaasuleikkaajaksi.

### **3 AUTOMAATIO JATKUVAVALUSSA**

#### **3.1 Automaatioratkaisuja**

Edellä on selitetty, mitä jatkuvavalukoneet ovat ja miten ne toimivat. Tässä kappaleessa tutkitaan niiden automaatiota ja selvitetään sen ylläpitämiseen liittyviä ratkaisuja.

Terässenkassa ei ole valun aikana lämpötilan seuranta. Terässulan lämpötila tarkistetaan vain ennen valun aloitusta. Sulan lämpötilaa seurataan välialtaasta eli välisenkasta. Terässenkan sisältämää teräksen määrää kuitenkin seurataan painoantureilla, jotta voidaan optimoida senkkaan jäävä teräs mahdollisimman pieneksi. Painon seurannassa tulee myös ottaa huomioon terässenkan sisältämä

kuonan ja peitosteen määrä, sillä kuonaa ei saa joutua teräksen sekaan. Senkan sulkimessa voidaan käyttää niin sanottua kuona-anturia, joka ilmoittaa kuonan pääsemistä välisenkkaan ja auttaa arvioimaan senkan vaihdon ajoitusta. (Louhenkilpi s.30-31) Terässenkan luistinsylinterin ja välisenkan painonmittauksen välillä on takaisinkytketty säätöpiiri, jonka avulla säädetään sulan virtausta terässenkasta välisenkkaan. (Haapakoski)

Välisenkasta seurataan sulan lämpötilaa koko valun ajan. Sen mittaus hoidetaan joko kertakäyttöisillä antureilla tai jatkuva-aikaisilla antureilla. Välisenkan painoa mitataan myös jatkuvasti painoantureilla, jonka perusteella lasketaan pinnankorkeus tai vaihtoehtoisesti pinnankorkeus mitataan pinnankorkeusmittarilla. Pinnankorkeuden mittauksesta on yleensä suora takaisinkytkentä senkan sulkimeen. (Louhenkilpi s.34) On myös olemassa automaattisia välisenkan lämpötilaa seuraavia ja säätäviä järjestelmiä, mutta tämä järjestelmä on käytössä lähinnä bloom- ja billet-mallisissa valukoneissa. (Valu ja jähmettyminen s.3 Saarelainen) Välisenkassa voi tapahtua niin sanottua kuroutumista eli kiinnitarttumista suutiilen ja sulkutangon välillä. Tätä voidaan kuitenkin ennustaa neuroverkon avulla, jolloin siihen voidaan vaikuttaa ennen lopullista kiinnitarttumista. (Valu ja jähmettyminen s. 8 Saarelainen)

Kokillissa on huomattavasti enemmän mittaus- ja säätötekniikkaa kuin väli- ja terässenkassa. Kokillissa seurataan senkkojen tavoin pinnankorkeutta ja sen säätö on yksi valukoneiden tärkeimmistä säädöistä, jonka vuoksi säätöpiiri on täysin automatisoitu. Yleisesti kokillin pinnankorkeutta mitataan siihen sopivalla anturilla ja tällä mittauksella säädetään sulan virtausta välisenkasta kokilliin. Virtauksen säätömenetelmä riippuu valukoneen mallista. Esimerkiksi billet-valukoneilla pinnankorkeutta voidaan säätää vain valunopeudella eli terässenkasta virtaavan sulan pitää käytännössä virtaus olla yhtä suuri kuin kokillista lähtevän aihion tilavuus. Muunlaisissa valukoneissa virtausta voidaan säätää välisenkassa olevan laitteiston avulla. Pinnankorkeuden säätövaatimukset valun aikana on muutaman millimetrin luokkaa. Pinnankorkeutta voidaan kuitenkin tietoisesti muuttaa. Esimerkiksi slab-valukoneissa on tavallista, että pinnankorkeutta säädetään valun aikana. (Louhenkilpi s.54)

Kokillissa on pinnankorkeuden säädön lisäksi kokillin oskillointiin ja jäähdytykseen liittyvät säätöpiirit. Oskillointiparametreja voidaan säätää valunopeuden funktiona, jolloin saadaan optimoitua oskillointitaajuus. Kokillissa virtaavia jäähdytysvesiä ei puolestaan säädetä juurikaan valun aikana, vaan ne toimivat samoilla arvoilla läpi valun. Niiden toimivuus on kuitenkin erityisen tärkeää ja niiden toiminnan varmistamiseksi on käytössä varavesipiirejä sekä hälytysantureita. Kokillin ja

aihion välistä kitkaa on myös pyritty mittaamaan eri antureilla kuten oskillointilaitteeseen asennetuilla venymäliuskoilla ja kokilliin asennetuilla kiihtyvyysantureilla. Näillä mittauksilla kuvataan kokillin toimivuutta. (Louhenkilpi s.55)

Outokummun ja Raahen terästehtaan valukoneiden kokilleihin on sijoitettu termoelementtejä tiettyihin paikkoihin ja niiden avulla seurattu valun aikana kokillin pinnan lämpötiloja. Näiden avulla kiinnitarttumiset pystytään havaitsemaan ja mahdollinen puhkeaminen ehkäisemään. Nämä järjestelmät mittaavat lämpötilaa automaattisesti ja antavat raja-arvojen ylittyessä hälytyksen, jolloin prosessin työntekijät tai valukone ehtivät toimia puhkeamisen estämiseksi. (Valu ja jähmettyminen Karhu ja Päätaalo)

Sekundäärijäähdytys ja tukirullat sisältävät myös automaatiota. Osa tukirullista vetävät aihioita omalla moottorillaan ja niiden pyörimisnopeus on kytkettynä valunopeuteen. (Louhenkilpi s.57) Sekundäärijäähdytyksessä on käytössä dynaamisia ohjausmalleja, joiden avulla jäähdytys kyetään pitämään sopivana, vaikka valuolosuhteet muuttuisivat. Näitä ohjausmalleja on useampia. Esimerkiksi perinteisin malli on ohjata jäähdytystä suoraan suhteessa valunopeuteen säilyttäen jäähdytysvesimäärän suhde eri vyöhykkeiden kesken ennallaan. Tällä mallilla tulokset ovat olleet ainoastaan tyydyttäviä. Kehittyneimmissä malleissa jäähdytyksen säätäminen perustuu jatkuva-aikaiseen aihion pintalämpötilaprofiilin laskentaan. Tämä malli tarvitsee niin sanotun reunaehto-tyhtälön määrittelyn tarkasti toimiakseen. (Louhenkilpi s.79-81)

Aihion leikkauspituudelle on myös olemassa optimointimalli. Tämän tarkoituksen on laskea leikkauspituudet siten, että valusta saataisiin mahdollisimman monta mitat täyttävää aihiota. Myös viimeisen aihion tulisi olla riittävän mittainen, joten aihioiden leikkauspituutta optimoidaan senkassa jäljellä olevan sulamäärän mukaan. (Louhenkilpi s.81)

Valetun aihion laatua seuraamaan on kehitetty ennustusmallit, jotka ennustavat valmiin leikatun aihion laadun perustuen mittauksiin valun aikana. Nämä on kehitetty sen vuoksi, koska virheellisten aihioiden jatkokäsittelyminen on kallista ja osin turhaa toimintaa (Louhenkilpi s.81-82)

### 3.2 Haastattelu

Haastateltava on kertonut jatkuvavalukoneista, joita on Ssab Europe Oy:n Raahen tehtaalla. Haastatteluun käytettävä kysymysrunko löytyy liitteistä ja siinä on ideana käydä läpi valukoneiden osat, jotka toimivat automaattisesti eli ilman käsin ohjausta. Lisäksi kysyin suoraan haastateltavan mielipidettä valukoneiden automaatioasteista.

Ssab:n Raahen tehtaalla jatkuvavalukoneita on terässulatolla kolme. Niin sanotulla vanhalla puolella on jatkuvavalukone 6, joka on pystytaivutustyyppinen valukone, jossa on suora kokilli. Uudella puolella on loput kaksi valukonetta 5 ja 4, jotka ovat kaarevia valukoneita suoralla kokillilla. Näiden automaatio poikkeaa hieman toisistaan.

Ennen valun varsinaista aloitusta terässenikka tuodaan konventterilta jatkuvavalukoneelle. Terässenkoissa tuotu sula asetetaan kääntöpöydälle, joka asettuu automaattisesti oikealle paikalle ennen valun alkua. Tämä tapahtuu myös valun aikana automaattisesti senkan vaihdon yhteydessä. Jos terässenkköjen kääntöpöytää joudutaan ajamaan käsin oikealle paikalle valun aikana, valukoneen automaatio hidastaa valunopeutta, jotta sula teräs ei pääse loppumaan välisenkasta. Lisäksi valukoneilla on suihkunsuojaputken asennukseen robotti, joka asettaa putken ennen terässenkan avaamista luistinsylinteriin. Robotti hoitaa myös suihkunsuojan poiston valun aikana. Tämän lisäksi terässenikkaan asennetaan luistinsylinteri. Luistinsylinteri on sulan virtausnopeutta terässenkasta välisenikkaan säätelevä laite. Luistinsylinteri asennetaan käsin terässenikkaan, mutta sen säätö toimii takaisinkytketyllä säätöpiirillä, jota ohjataan välisenkan painon mukaan.

Välisenkoilla kääntöpöytä toimii myös automaattisesti. Valu aloitetaan joko käsin tai automaattilla koneesta riippuen. Raahessa 6 koneella valun aloitus tehdään käsin eli kokillin pinnankorkeutta säätää ihminen. Aloituksen jälkeen automaatti kytketään päälle ja valu toimii sen jälkeen automaattisesti valun lopetukseen asti, joka hoidetaan myös käsin. Valukoneilla 5 ja 4 on mahdollista myös aloittaa valaminen automaattilla, mutta lopetus täytyy tehdä käsin. Välisenkassa on myös valun aikana erilaisia mittauksia, kuten jatkuva lämpötilanmittaus, painonmittaus ja lisäksi topparin kulutuksen seuranta ja siihen liittyen automaattinen suljenta hätätilanteessa. Toppari on välisenkassa oleva suljintanko, jonka avulla voidaan säätää sulan virtausnopeutta välisenkasta kokilliin.

Kokillissa on paljon lämpötilan mittauksia, sekä ohjelma, joka tunnistaa lämpötilan muutoksien avulla mahdolliset kiinnitarttumiset ja hälyttää tästä tarvittaessa. Lisäksi jäähdytys ja oskillointi

toimivat automaattisesti valun aikana ja kone voi tarvittaessa säätää niitä olosuhteiden muuttuessa. Kokilli voi tarvittaessa myös muuttaa valukokoa eli aihioiden paksuutta valun aikana. Tämä tapahtuu hitaasti valun aikana kokillin puristuksen avulla. Kokillissa ja sekundäärijäähdytysalueella on myös olemassa hätävesijärjestelmiä, jotka aktivoituvat, jos mittauksista havaitaan hälyttäviä lukemia. Esimerkiksi, jos kone havaitsee puhkeaman, hätävedet aktivoituvat ja kone vetää jo valetun valunauhan nopeasti ulos koneesta ja valu keskeytyy.

Sekundäärijäähdytyksessä on hätävesien lisäksi myös automaattisesti toimiva jäähdytys, joka toimii mitattujen lämpötilojen funktiona. Lisäksi moottoroidut tukirullat vetävät aihiota valunopeuden funktiona. Sekundäärijäähdytyksen jälkeen aihio leikataan sopivan mittaisiksi kaasuleikkaimen avulla, joka hoitaa leikkauksen ja liikkuu samalla valunopeuden mukana, kun kaasuleikkaaja on asettanut mitta-arvot koneelle. Raahan tehtaalla aihioiden pituuksia lasketaan tarvittaessa käsin, jotta saadaan mahdollisimman tasapituisia aihioita.

Kysyin haastateltavalta myös koneiden kyvystä ilmoittaa huoltotarpeista. Valukoneet ilmoittavat tarvittavista öljynsuodattimen vaihdoista sekä öljyn pinnankorkeudesta säiliöissä. Lisäksi valukoneen järjestelmä seuraa jäähdytyksen ja tukirullien toimintaa ja ilmoittaa häiriöistä.

Haastateltavan mielestä jatkuvavalukoneiden automaatioaste Raahan tehtaalla on kolme Kuusiston asteikolla, sillä kone kyllä hoitaa suurimman osan työstä. Valaminen tarvitsee silti jatkuvaa ihmisen seurantaa sekä tarvittaessa tilanteen muuttamista käsin. Itse valamisen valukoneen automaatio hoitaa itsenäisesti, mutta ihminen joutuu joissakin tapauksissa käynnistämään ja lopettamaan valuprosessin. Lisäksi valuparametrit täytyy ihmisen asettaa ennen valun aloitusta. (Haapakoski)

## **4 YHTEENVETO JA POHDINTAA**

### **4.1 Yhteenveto**

Työn tarkoituksena on selvittää jatkuvavalukoneiden yleinen automaatioaste. Yllä olevien teoriaselvitysten sekä haastattelun perusteella automaatioaste jatkuvavalukoneissa on Kuusiston asteikon mukaan kolme, sillä jatkuvavalukoneet toimivat pääosin automaattisesti ja ne tekevät useita toimintoja peräkkäin ilman eri ohjauksia. Käyttäjä joutuu kuitenkin tarkkailemaan tilannetta sekä käynnistämään ja lopettamaan valuprosessin, joten täysautomaatiota se ei vielä ole. Frohmin asteikolla valukoneet ovat asteikolla kuusi eli puuttuva. Haastattelussa käy ilmi, että jos koneen automaatio havaitsee hälyttäviä lukemia, se tekee toimenpiteitä itsenäisesti kuten puhkeamistapauksessa aihio vedetään nopeasti ulos koneesta, ja automaatio kytkee niin sanotut hätävedet päälle, jolloin suuremmilta vahingoilta säästytään. Tällaisia toimintoja on muitakin valukoneissa, kuten suljintangon kulutuksen seuranta ja suljenta tarvittaessa. Valukoneiden automaatio sisältää paljon toimintoja, joissa kone puuttuu toimintoihin ja tarvittaessa säättää niitä, joten automaatioasteen taso ei ole Frohmin asteikolla viisi. Ja kuten edellä mainitsin, että koneen käyttäjäriippuvaisten työvaiheiden takia se ei ole vielä täysautomaatiota edes Frohmin asteikolla.

### **4.2 Pohdintaa**

Jatkuvavalukoneiden automaatio on nykyään jo korkealla tasolla, mutta ne eivät vielä ole kuitenkaan täysin automaattisia. Tässä kappaleessa pohditaan automaatiotason nostamisen mahdollisuuksia jatkuvavalussa.

Teknologia kehittyy jatkuvasti ja uusia ratkaisuja syntyy päiväpäivältä enemmän. Nämä muokkaavat ja muuttavat työnkuvaa ja työskentelyä eri työpaikoilla. Nykymallin mukaan ihmisen tekemä fyysinen suoritus pyritään minimoimaan ja koneellistamaan. Siitä seuraava askel on automatisoida työsuoritus, jolloin ihmiselle jää vastuulleen vain koneen huolto ja mahdollisesti toiminnan seuranta.

Olen ollut kesätöissä kaksi kesää Ssab Europe Oy:n Raahan tehtaalla ja siellä minulle on kerrottu paljon tehtaan toiminnasta ennen ja nykyään. Suunta on ollut selkeästi automaation suuntaan. Mainitsen muutamia esimerkkejä: Ennen valukoneen valunopeutta säädettiin käsin paakan eli jatkovarren avulla, jolloin valamisen tarkkuus oli ihmisen käsissä. Nykyään valun lopetus ja joissakin tapauksissa aloitus tehdään käsin, mutta muuten valukoneen automaatio säättää valunopeutta



valamisen aikana. Toinen esimerkki on myös valukoneisiin liittyvä, sillä viime kesänä pääsin tutustumaan vanhan pystyvalukoneen rakenteeseen sekä sain tietoa sen toiminnasta työkavereiltani. Ensinnäkin työntekijöiden määrä yhdellä valukoneella oli huomattavasti suurempi kuin nykyään, joka merkitsi sitä, että ihmisen tekemä työmäärä oli huomattavasti suurempi. Sen lisäksi vanhoilla pystyvalukoneilla ei voinut valaa kuin yhden teräsenkan valun aikana. Kaasuleikkaamo oli pystyvalukoneessa erillinen pieni huone, josta näki suoraan valetun aihion ja leikkauksen ohjaus suoritettiin käsin ohjauspanelin kautta. Näiden perusteella huomataan, että valukoneiden kaikkia osa-alueita on kehitetty ja automatisoitu ja arvioin, että niitä automatisoidaan lisää myös tulevaisuudessa.

Automaation nostaminen on edelleen mahdollista monella osa-alueella, mutta kehitys tapahtuu hitaasti, sillä valukoneiden rakenteiden muuttaminen tai uuden rakentaminen on hyvin kallista ja se vie aikaa tuotannolta, joka myös lisää kustannuksia. Arvioin, ettei täysi automaatio jatkuvavalussa ole saavutettavissa pitkään aikaan, sillä prosessissa liikutaan korkeissa lämpötiloissa ja valujen lopettaminen ja aloittaminen vaativat monivaiheisen yhteistyötä sisältävän suorituksen työntekijöiltä. Lisäksi prosessia seurataan jatkuvasti valun aikana, jottei synny vaaratilanteita tai valukoneen rikkoutumista. Valukoneiden automaatioaste on nykyään hyvin korkea, mutta seuraavan tason eli täysautomaation saavuttaminen on hyvin epätodennäköistä. Automaatiota tullaan kuitenkin lisäämään tulevaisuudessa varmasti. Pohdinnassa käytetyt tiedot ovat omaa kokemusta ja työkavereilta saatua tietoa.

## 5 LÄHTEET

1. Frohm J (2008) Levels of automation in production systems. Göteborg: Chalmers University of Technology. Saatavissa: [https://www.researchgate.net/profile/Joergen\\_Frohm/publication/266401298\\_Levels\\_of\\_automation\\_in\\_production\\_systems/links/543257240cf20c6211bc31a5/Levels-of-automation-in-production-systems.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Joergen_Frohm/publication/266401298_Levels_of_automation_in_production_systems/links/543257240cf20c6211bc31a5/Levels-of-automation-in-production-systems.pdf) (9.12.19) 201 s.
2. HANI steel, 2019 Vaakasuora Jatkuva Valukone, Shaanxi: HANI Steel, Saatavissa: [fi.han-steelrolling.com/ccm-machine/horizontal-continuous-casting-machine.html](http://fi.han-steelrolling.com/ccm-machine/horizontal-continuous-casting-machine.html) (26.9.19) 3 s.
3. Haapakoski K., Valaja ja välisenkka-asentaja Ssab Europe Oy, 2019, puhelinhaastattelu 19.11.2019
4. Heimbürger, H., Markkanen, P., Norros, L., Paunonen, H., Savioja, P., Sundquist, M & Tommila, T. 2010. Valvomo – Suunnittelun periaatteet ja käytännöt. Helsinki: Suomen Automaatioseura ry, 268 s. ISBN 978-952-5183-39-9
5. Helaakoski J., 2016, Aihio-ohjauksen ohjeistus ja kehittäminen, verkkodokumentti, Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu Tekniikka, Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/120497/Helaakoski\\_Jussi.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/120497/Helaakoski_Jussi.pdf?sequence=1) (26.9.19) 55 s.
6. Hooli, P., Mörwald, K., Louhenkilpi, S., Härkki, K., Rytty, I., Sirviö, M., Wendt, J., Matkala, J., Peltonen, M., Saarelainen, E., Laine, J., Päätaalo, J., Karhu, P., Kivelä, E., Lindqvist, L., Tukiainen, M., Hätönen, T & Virtanen, P., 1999. Valu ja jähmettyminen. Oulu: Merityrsky Oy 250 s. ISBN 952-9618-39-5
7. Kuusisto L., 2012, Automaatioratkaisut Hyvinvointiteknologiassa, verkkodokumentti, Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu kone- ja tuotantotekniikka, Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/41308/Kuusisto\\_Laura.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/41308/Kuusisto_Laura.pdf?sequence=1) (4.10.19) 37 s.

8. Louhenkilpi S., 1992 Metallurgin hyvä tietää: Jähmettyminen ja jatkuvavalu. Oulu: Oulun yliopisto, 84 s. ISBN 951-42-3439-1
9. Metallinjalostajat ry. 2014. Teräskirja. 9. Painos. Helsinki: Metallinjalostajat ry, 112 s. ISBN 978-952-238-121-7
10. Pyrometallurgiset valuprosessit, 2019, Luento Korkealämpötilaprosessit luentomateriaali, Verkkodokumentti Oulu: Oulun Yliopisto. Saatavissa: [http://cc oulu.fi/~kamahei/b/477416S/KLTP-2019-pyromet\\_valu.pdf](http://cc oulu.fi/~kamahei/b/477416S/KLTP-2019-pyromet_valu.pdf) (luettu 29.11.19) 21 s.
11. Virsiheimo P., 2011 Öljy-ilmavoitelun soveltaminen Ruukki Raahen tehtaalla verkkodokumentti Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/28518/Virsiheimo\\_Pekka.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/28518/Virsiheimo_Pekka.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (01.11.19) 127 s.

## 6 LIITTEET

### Haastattelu Kandintyöhön

Haastattelija: Manuel Mehtälä, Oulun Yliopisto

Työnnimike: Opiskelija, Prosessitekniikka

Haastateltava: Kim Haapakoski, Ssab Europe Oy

Työnnimike: Valaja JVK 6 ja Välisenkka-asentaja Raahen tehtaalla

Haastattelupäivä: 19.11.2019 kello 19:00-20:00, sekä tarkentava tekstiviestikysely 29.11.2019

## **Kysymyspohja:**

### **Mitkä toiminnot valukoneessa toimivat automaattisesti?**

#### **Terässenkka**

- luistinsylinteri
- kääntöpöydän korkeudensäätö ja paikka
- suihkunsuojaputken asennus(robotti)
- Valun hidastamien senkan vaihdon yhteydessä

#### **Välisenkka**

- kääntöpaikan paikka
- 6 koneella jatkuva lämmönmittaus hälytys
- käsin aloitus 6
- muilla koneilla automaattialoitus mahdollinen
- painonmittaus
- takaisinkytketty säätö välisenkan painon ja luistinsylinterin välillä
- topparin kulutuksen seuranta, automaatti suljenta tarvittaessa

#### **Kokilli**

- kiinnitarttumisen hälytykset, lämpötilan seuranta
- oskillointi
- jäähdytys
- hätävedet
- valukoon muuttaminen valun aikana, puristus

#### **Sekundäärijäähdytys**

- erilaiset jäähdytykset venymä ja supistuspuolella
- virtauksia seura
- rullat vetävät valunopeuden mukaan

#### **Kaasuleikkaus**

- aihion mukaan liikkuminen ja leikkaaminen automaattilla
- lasketaan aihoiden pituuksia tarvittaessa käsin

## **Aloitukset ja lopetus**

- aloitus ja lopetus käsin 6
- aloitus automaattilla ja lopetus käsin 4 ja 5 koneella

## **Mikä automaatiojärjestelmä koneessa on?**

Haastateltava ei tiennyt asiaa tarkemmin, mainitsi XT:n

## **Määrittele automaatioaste:**

Taso 1. Ihminen tekee kaiken työn[]

Taso 2. Kone tekee työn, mutta ihminen ohjaa sitä[]

Taso 3. Kone tekee useita toimintoja peräkkäin, mutta ihmisen valvonnassa[X]

Taso 4. Täysautomaatio, Ihminen suorittaa prosessin käynnistämisen ja kone hoitaa työn ja tarkkailun[]

## **Pystytkö erittelemään joitakin säätöpiirejä koneen sisällä?**

Näitä tuli aiemmin esille, eli esim. Välisenkan painon ja luistinsylinterin välinen säätö.

## **Ilmoittaako kone huoltotarpeista itse vai tuleeeko niitä seurata itse?**

- öljynsuodattimen vaihdot

- öljysäiliöiden pinnat
- koneet seuraavat jäähdytyksen ja rullien toimintaa

Puhkeaman jälkeen hätätilat

### **Tekstiviestikeskustelu**

Manuel: Tarkentavana kysymyksenä, että onko 4 ja 5 kone kaarevalla vai suoralla kokillilla?

Kim: Suorana lähtee ja sitten tulee taivutus. Unohtui silloin puhelimessa sanoa, että koneen automatiikka hidastaa valunopeutta, jos teräsenkan kääntöpöytä joudutaan ajamaan käsin paikoilleen kesken valun